

# Best Available Copy

No active trail

**DELPHION****RESEARCH****PRODUCTS****INSIDE DELPHION****Selectors** **Stop**

Logout Work Files Saved Searches

My Account

Search: Quick/Number Boolean Advanced Derwent

**Email it**

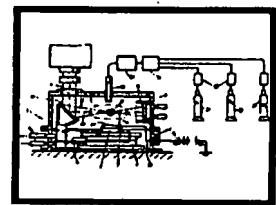
## Derwent Record

View: [Expand Details](#) Go to: [Delphion Integrated View](#)Tools: Add to Work File: [Create new Work File](#)

**Derwent Title:** Process for coating a substrate surface with amorphous carbon having properties similar to diamond comprises producing a plasma cloud at a distance from the substrate surface, and depositing the carbon ions onto the surface of the substrate

**Original Title:**  DE10055609A1: Verfahren und Vorrichtung zum Beschichten eines Substrates mit amorpchem Kohlenstoff diamantähnlicher Eigenschaften oder mit polykristallinem Diamant

**Assignee:** DAIMLERCHRYSLER AG Standard company  
Other publications from [DAIMLERCHRYSLER AG \(DAIM\)...](#)



**Inventor:** SEBASTIAN M;

**Accession/Update:** 2002-464423 / 200250

**IPC Code:** C23C 16/26 ; C23C 16/513 ;

**Derwent Classes:** M13;

**Manual Codes:** M13-E02(Gas plating by decomposition or reduction to form inorganic coatings) , M13-E05(Gas plating by decomposition or reduction - process characterised by glow or)

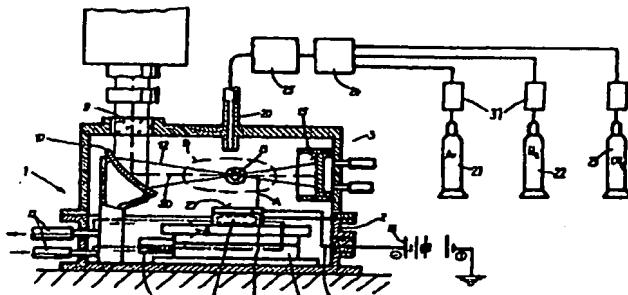
**Derwent Abstract:** (DE10055609A) Novelty - Process for coating a substrate surface (27) with amorphous carbon having properties similar to diamond comprises producing a plasma cloud (14) of positively charged carbon ions and reactive atomic hydrogen at a distance from the substrate surface; and depositing the carbon ions onto the surface of the negatively charged substrate using a voltage source (16). The plasma cloud is produced from a mixture of a noble gas, hydrogen and carbon after initially lighting the plasma with subsequent excitation of energy by means of a focal point produced by a laser beam (12) arranged parallel to the substrate surface.

**Detailed Description** - An INDEPENDENT CLAIM is also included for a device for coating a substrate surface with amorphous carbon having properties similar to diamond. Preferred Features: The noble gas is argon. The process for producing the plasma is initiated using an electric arc and continued using the energy from the laser beam.

**Use** - Used for coating a surface with amorphous carbon having properties similar to diamond.

**Advantage** - A high application rate is achieved.

**Images:**



**Description of Drawing(s)** - The drawing shows a schematic view of a device for coating a substrate surface with amorphous carbon having properties similar to diamond.

laser beam 12, plasma cloud 14, voltage source 16, substrate surface 27 Dwg.1/5

Family: [PDF Patent](#) Pub. Date Derwent Update Pages Language IPC Code  
 DE10055609A1 \* 2002-05-23 200250 13 German C23C 16/26  
 Local appls.: DE2000001055609 Filed:2000-11-09 (2000DE-1055609)

First Claim: [Show all claims](#)

1. Verfahren zum Beschichten einer Substratoberfläche (27) mit amorphem Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften, bei dem im Abstand (A) zur Substratoberfläche (27) eine Plasmawolke (14) aus positiv geladenen Kohlenstoffionen und aus reaktivem, atomarem Wasserstoffes erzeugt wird und die Kohlenstoffionen durch eine Beschleunigungsspannung (Spannungsquelle 16) auf die Oberfläche (27) des negativ geladenen Substrats (7) niedergeschlagen werden, wo sie sich zu tetraedrisch gebundenen Kohlenstoffmolekülen mit gegenseitig stochastischer Lage vereinigen und auf der Substratoberfläche (27) festsetzen, wobei die Plasmawolke (14) aus einem Gemisch von einem Edelgas, von Wasserstoff und Kohlenwasserstoff nach anfänglicher gesonderter Zündung des Plasmas anschließend ausschließlich durch kontinuierliche Energieanregung mittels eines fokussierten (Fokus 13), mit seiner Achse zumindest annähernd parallel zur Substratoberfläche (27) ausgerichteten und im Abstand (A) zu ihr angeordneten Laserstrahls (12) erzeugt wird.

Priority Number:

Application Number	Filed	Original Title
DE2000001055609	2000-11-09	

Title Terms:

PROCESS COATING SUBSTRATE SURFACE AMORPHOUS CARBON PROPERTIES SIMILAR DIAMOND COMPRISE PRODUCE PLASMA CLOUD DISTANCE SUBSTRATE SURFACE DEPOSIT CARBON ION SURFACE SUBSTRATE

Pricing [Current charges](#)

**Derwent Searches:** [Boolean](#) | [Accession/Number](#) | [Advanced](#)

Data copyright Thomson Derwent 2003

**THOMSON**  
★

Copyright © 1997-2006 The Thomson  
[Subscriptions](#) | [Web Seminars](#) | [Privacy](#) | [Terms & Conditions](#) | [Site Map](#) | [Contact Us](#) |



⑩ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND  
  
DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑬ DE 100 55 609 A 1

④ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**C 23 C 16/26**  
C 23 C 16/513

⑭ Aktenzeichen: 100 55 609.4  
⑮ Anmeldetag: 9. 11. 2000  
⑯ Offenlegungstag: 23. 5. 2002

⑰ Anmelder:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑱ Erfinder:  
Sebastian, Michael, Dipl.-Phys., 70376 Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑲ Verfahren und Vorrichtung zum Beschichten eines Substrates mit amorphem Kohlenstoff diamantähnlicher Eigenschaften oder mit polykristallinem Diamant
- ⑳ Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Beschichten einer Substratoberfläche mit amorphem Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften oder mit polykristallinem Diamant. Um eine hohe Auftragsrate sowie eine große Beschichtungsstärke und eine gute Bindung der aufgetragenen Schicht am Substrat erzielen zu können, wird erfindungsgemäß im Abstand zur Substratoberfläche eine Plasmawolke aus positiv geladenen Kohlenstoffionen und aus reaktivem, atomarem Wasserstoff erzeugt und die Kohlenstoffionen durch eine Beschleunigungsspannung oder durch ein Temperaturgefälle auf die Oberfläche des negativ geladenen Substrats oder weniger hoch als das Plasma temperierten Substrates niedergeschlagen, wo sie sich zu tetraedrisch gebundenen Kohlenstoffmolekülen mit gegenseitig stochastischer Lage oder zu polykristallinem Diamant vereinigen und auf der Substratoberfläche festsetzen. Die Plasmawolke wird im Vakuum aus einem Gemisch von Wasserstoff und Kohlenwasserstoff gebildet. Wesentlich dabei ist, daß die Plasmaerzeugung, abgesehen von einer Startphase mittels Lichtbogenzündung des Plasmas, ausschließlich durch kontinuierliche Energieanregung mittels eines fokussierten, mit seiner Achse zumindest annähernd parallel zur Substratoberfläche ausgerichteten und im Abstand zu ihr angeordneten Laserstrahls eines Kohlendioxid-Lasers erfolgt. Verschiedene Prozeßparameter werden genannt.

DE 100 55 609 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Beschichten eines Substrates mit amorphem Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften oder mit polykristallinem Diamant.

[0002] Die US-PS 5 346 729 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Beschichten eines Substrates mit Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften. Dabei wird ein Precursorgas in eine nicht-erwärmte Vakuumkammer, in der sich auch das zu beschichtende Substrat befindet und in der ein Druck von etwa 1 bis 70 mbar herrscht, eingeleitet. Das Precursorgas besteht zu etwa 1 bis 10 Vol-% aus Kohlenwasserstoff, vorzugsweise Methan, und im übrigen aus Wasserstoff. Durch eine dem Substrat gegenüberliegend in der Vakuumkammer angeordnete Quarzglasscheibe hindurch wird das eingeleitete Precursorgas mittels gebündelten Sonnenlichts bei einer Energiedichte von etwa 40 bis 60 Watt/cm<sup>2</sup> auf 750–950°C erwärmt. Unter der Annahme einer Energiedichte von etwa 0,1 Watt/cm<sup>2</sup> des natürlichen Sonnenlichtes müßte unter Berücksichtigung gewisser Reflexions- oder Transmissionsverluste das Sonnenlicht großflächig eingesangen und mindestens um den Faktor 10<sup>4</sup> verdichtet werden. Bei einer Querschnittsfläche des Arbeitsstrahles von 100 cm<sup>2</sup> müßte der das Sonnenlicht einfangende Primärspiegel eine Fläche von etwa 100 m<sup>2</sup> haben, was auf eine bestimmte bauliche Größenordnung der Anlage hinweist. Das in die Vakuumkammer gebündelt eingestrahlte Sonnenlicht trifft zugleich auch auf das Substrat und erwärmt dieses auf etwa die gleiche Temperatur wie das Prozeßgas. Die Substrattemperatur muß überwacht und gegebenenfalls durch eine Kühlung auf erträgliche oder prozeßoptimale Werte gehalten werden. Mit den bekannten Verfahren soll tetraedrisch gebundener, diamantähnlicher Kohlenstoff bei einer Auftragsrate von 0,25–0,5 µm pro Stunde unter unmittelbarem Einsatz erneuerbarer Primärenergie aufgetragen werden können. Nachteilig an diesem Verfahren ist neben dem hohen Investitionsaufwand für das Einfangen und Bündeln des Sonnenlichtes und der Weiterabhängigkeit des Verfahrens vor allem das Verfahrensergebnis einer enttäuschend geringen Auftragsrate.

[0003] Bei dem in der US-PS 4 981 717 beschriebenen Verfahren zum Beschichten eines Substrates mit Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften wird mit gepulstem Laserlicht, vorzugsweise eines Kohlendioxid-Lasers mit einer Wellenlänge von 10,6 µm, als Anregungsenergie gearbeitet. In eine evakuierte, das zu beschichtende Substrat aufnehmende Arbeitskammer wird bei Arbeitsdrücken von 1 bis 135 mbar ein im wesentlichen aus Wasserstoff und einem Kohlenwasserstoff bestehendes Precursorgas eingeleitet, welches als eine prozeßwesentliche Komponente einen sog. Initiator enthält. Der Initiator ist so gewählt, daß er die Energie des eingestrahlten Laserlichtes möglichst vollständig absorbiert und in Wärme umsetzt. Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) als Initiator dämpft Laserlicht der Wellenlänge 10,6 µm besonders gut unter Freisetzung entsprechend hoher Mengen an Wärmeenergie. Der Laserrstrahl wird durch ein für das Infrarotlicht des CO<sub>2</sub>-Lasers durchlässiges Eintrittsfenster in das in der Arbeitskammer befindliche Precursorgas in Richtung auf das Substrat eingestrahlt, wobei der Fokus des Laserstrahles jedoch einen Abstand von der Substratoberfläche hat. Der Laserstrahl wird – wie gesagt – gepulst eingestrahlt mit einer Pulsfrequenz von etwa 10 Hz, einer Pulsdauer von etwa 50 Nanosekunden, einer Pulsennergie von etwa 2 Joule und einer Energiedichte von 10<sup>14</sup> W/cm<sup>2</sup>. Dies entspricht rein rechnerisch einer Kurzzeit-Laserleistung während des Pulses von etwa 40 Megawatt und einer durchschnittlichen Langzeit-Laserleistung von etwa 20

Watt. Durch die Fokussierung des Laserstrahles auf ein kleines Volumen des Prozeßgases bei hoher Energiedichte wird lokal und explosionsartig ein hoher Betrag an Wärmennergie freigesetzt. Dadurch werde nach den Aussagen der referierten Druckschrift der Kohlenwasserstoff in hoch reaktive Ionen und Radikale zerlegt und diesen Teilen zugleich eine hohe Bewegungsenergie von etwa 10 bis 100 Electronenvolt erteilt. Die Explosion erzeuge aus dem Gasgemisch ein Plasma sowie eine energiereiche Druckwelle darin. Die Ge- 10 genwart von anderen Gasen wie Stickstoff oder Luft unterstützt das Voranschreiten der Druckwelle und die Plasmabildung im gesamten Arbeitsraum. Die freigesetzten Kohlenstoff-, Kohlenwasserstoff- und anderen Fragmente sowie Elektronen erhalten von dem Plasma die für die Bildung diamantähnlicher Stoffe erforderliche Übergangenergie. Die Druckwelle – so wird ferner angenommen – erzeuge einen zunächst auf die Substratoberfläche auftreffenden Elektro- 15 nenschauer, der diese lokal erwärme und sie für die danach auftreffenden Teile vorbereite. Die extreme Druckwelle mit lokalen Druckspitzen von mehreren Tausend Kilobar erwärme die Substratoberfläche lokal auf mehrere Tausend Celsiusgrade. Die Wirkungsdauer dieser Druck- und Temperaturspitzen sei jedoch trotz ihrer Kürze ausreichend, um die diamantähnlichen Strukturen aus dem Precursorgas zu 20 bilden und sie mit hoher Bindungsenergie an die Substratoberfläche anzukoppeln. Die Haftfestigkeit der diamantähnlichen Schicht auf der Substratoberfläche wird mit über 69 MPa angegeben. Auch lassen sich angeblich Schichtdicken über 10 µm Stärke bei guter Haftung auf der Substratoberfläche aufbringen. Als besonderer Vorteil des bekannten Verfahrens wird hervorgehoben, daß das Substrat nicht erwärmt und daß es auch nicht auf ein bestimmtes, elektrisches Potential gelegt zu werden braucht, was die Anwendung des Verfahrens für bestimmte Substrat-Materialien 25 überhaupt erst ermöglicht bzw. das Verfahren und die Verfahrensvorrichtung wesentlich vereinfache.

[0004] Ein weiteres unter Einsatz von Laserlicht arbeitendes Verfahren zum Auftragen von Kohlenstoff mit diamantähnlichen Eigenschaften auf Substrate ist z. B. in der US-PS 5 554 415 beschrieben. Von dieser Veröffentlichung sind 30 mehrere, weitere Druckschriften abgeleitet, nämlich die US-PS 5 620 754, 5 731 046, 5 635 243, 5 643 641 und 5 648 127, die alle auf die gleichen Erfinder zurückgehen, im wesentlichen alle das gleiche Verfahren behandeln und lediglich auf bestimmte Teilaufgaben des Verfahrens näher 35 eingehen. Bei dem bekannten Verfahren werden gleichzeitig mehrere Laserlichtquellen unterschiedlicher Wellenlänge, nämlich beispielsweise ein im UV-Bereich (< 350 nm Wellenlänge) arbeitender Eximer-Laser, ein im sichtbaren Bereich (400 ... 780 nm) arbeitender Nd/YAG-Laser und ein im IR-Bereich (> 800 nm) arbeitender CO<sub>2</sub>-Laser eingesetzt, die alle gleichzeitig auf ein und den selben Punkt der Substratoberfläche fokussiert sind, wobei der Arbeitspunkt relativ zum Substrat kontinuierlich verlagert wird. Die 40 Beschichtung wird auf dem Substrat punktweise im Skanningverfahren aufgebaut. Mit dem Eximer-Laser wird aus der Substratoberfläche lokal eine kleine Menge an Substrat-Werkstoff verdampft und eine vorauslaufende Verdampfungsreaktion ausgelöst. Der Nd/YAG-Laser und der CO<sub>2</sub>-Laser üben neben einer die Verdampfungsreaktion unterstützenden Wirkung vor allem eine stabilisierende Funktion auf die Gasphase und die darin ablaufenden Prozesse aus. So weit der Substratwerkstoff nicht von Hause aus Kohlenstoff-Atome enthält, die nach der Werkstoff-Verdampfung zur 45 Bildung der Diamantschicht herangezogen werden können, muß das Substrat zuvor mit einem kohlenstoff-spendernden Hilfsbelag überzogen werden oder es wird ein kohlenstoff-spenderndes Gas, z. B. Kohlenmonoxid und/oder

Kohlendioxid an die Behandlungsstelle eingedüst. Das Precursormaterial ist also, gegebenenfalls gemeinsam mit einem Zugabewerkstoff, das Substrat selber. Es werden mittels fokussiertem Laserlicht auf der Substratoberfläche die energetisch hoch angeregten Zustände in einem lokal eng begrenzten Bereich geschaffen, aus denen heraus sich die diamantähnliche Beschichtung bilden soll. Vorteilhaft an dem Verfahren ist, daß es bei normalem Umgebungsluftdruck und bei Raumtemperatur arbeite. Nachteilig ist neben dem investivem Aufwand für drei gleichzeitig zum Einsatz gelangende Laser-Quellen und dem Regelungstechnischen Aufwand für ein ortssynchrones Skannen aller drei Brennpunkte vor allem die zu erwartende geringe Auftragsrate.

[0005] Ausgehend von diesem Stand der Technik besteht die Aufgabe der Erfindung darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Beschichten eines Substrates mit amorphem Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften oder mit polykristallinem Diamant aufzuzeigen, bei dem eine hohe Auftragsrate sowie eine große Beschichtungsstärke und eine gute Eindringtiefe der aufgetragenen Schicht am Substrat erzielt werden können.

[0006] Diese Aufgabe wird bezüglich des Verfahrens erfundungsgemäß auf zweierlei Weise gelöst, je nachdem ob eine Beschichtung aus amorphem Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften oder eine Beschichtung von polykristallinem Diamant erzeugt werden soll. Zur Erzeugung eines diamantähnlichen amorphen Kohlenstoffniederschlags wird nach der Gesamtheit der Merkmale von Anspruch 1 verfahren, wogegen zur polykristallinen Diamantscheidung nach der Gesamtheit der Merkmale von Anspruch 2 verfahren wird. Auch für die Vorrichtungen gibt es erfundungsgemäß zwei entsprechend unterschiedliche Vorschläge. Die Vorrichtung nach der Gesamtheit der Merkmale von Anspruch 27 erzeugt einen diamantähnlichen amorphen Kohlenstoffniederschlag, wogegen in der Vorrichtung nach Anspruch 28 der Diamant polykristallin auf dem Substrat abgeschieden wird.

[0007] Generell wird erfundungsgemäß nach anfänglich gesondertem Zünden eines Plasmas aus dem Prozeß- und Precursorgas in einem mäßigen Vakuum aus einem Gemisch von Wasserstoff und Kohlenwasserstoff anschließend die Plasmawolke ausschließlich durch kontinuierliche Energieanregung mittels eines fokussierten, mit seiner Achse zumindest annähernd parallel zur Substratoberfläche ausgerichteten und im Abstand zu ihr angeordneten Laserstrahls vorzugsweise eines Kohlendioxid-Lasers erzeugt. Die Plasmawolke wird im Abstand zur Substratoberfläche erzeugt und die positiv geladenen Kohlenstoffionen werden aus dem Plasma durch eine Biasspannung oder durch ein Temperaturgefälle auf das negativ gepolte Substrat beschleunigt, wo sie sich zu tetraedrisch gebundenen Kohlenstoffmolekülen mit gegenseitig stochastischer Lage oder zu polykristallinem Diamant vereinigen und auf der Substratoberfläche festsetzen.

[0008] Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung können den jeweiligen Unteransprüchen entnommen werden; im übrigen ist die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels nachfolgend noch erläutert; dabei zeigen:

[0009] Fig. 1 eine auf das prinzipielle beschränkte Aufrissdarstellung einer Verfahrensanlage zum Beschichten einer Substratoberfläche mit amorphem Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften.

[0010] Fig. 2 eine orthogonal zu der Darstellung nach Fig. 1 gelegte Aufrissdarstellung der Anlage nach Fig. 1.

[0011] Fig. 3 ein Raman-Verschiebungsdigramm, welches an einer Beschichtung mit amorphem Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften gewonnen wurde und wel-

ches in der gezeigten Form für dies Kohlenstoffmorphologie typisch ist,

[0012] Fig. 4 eine auf das prinzipielle beschränkte Aufrissdarstellung einer Verfahrensanlage zum Beschichten einer

5 Substratoberfläche mit polykristallinen Diamant, und [0013] Fig. 5 ein weiteres Raman-Verschiebungsdigramm, welches an einer Beschichtung mit polykristallinen Diamant gewonnen wurde und welches in der in Fig. 5 gezeigten Form für polykristallinen Diamant typisch ist.

[0014] Zunächst sei auf die Vorrichtung bzw. das Verfahren zum Beschichten einer Substratoberfläche mit amorphem Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften nach den Fig. 1 und 2 bzw. dem Raman-Verschiebungsdigramm nach Fig. 3 näher eingegangen. Im Anschluß daran soll dann die in Fig. 4 gezeigte, modifizierte Vorrichtung bzw. das Verfahren zum Beschichten einer Substratoberfläche mit polykristallinen Diamant und ein Beispiel mit dem Raman-Verschiebungsdigramm nach Fig. 5 erläutert werden.

[0015] Die Vorrichtung zum Beschichten einer Substratoberfläche mit amorphem Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften nach den Fig. 1 und 2 weist eine das zu behandelnde Substrat 7 aufnehmende, gasdicht verschließbare und durch eine angeschlossene Vakuumpumpe 26 auf einen bestimmten Unterdruck evakuierbare Arbeitskammer 1 auf. Da je nach Einsatzgebiet mit Absolutdrücken im Bereich von 1 bis 1000 mbar, vorzugsweise im Bereich von 100 bis 200 mbar gearbeitet wird, muß die Vakuumpumpe auf die Erzeugung derartiger Unterdrücke ausgelegt sein. In der Regel ist eine Auslegung auf die Erzeugung eines Absolutdruckes von mindestens 100 mbar ausreichend.

[0016] Der untere Teil der Arbeitskammer ist beim dargestellten Ausführungsbeispiel durch eine Aufnahnewanne 2 gebildet, in der ein elektrisch und ferngesteuert mittels Verstellantriebe 5 betätigbarer Kreuzschlitzen 4 aufgenommen ist. Der Kreuzschlitzen seinerseits trägt oberseitig einen an das jeweilige, zu beschichtende Substrat 7 adaptierten Substraträger 6, der schließlich lagedefiniert das Substrat aufnimmt. Da das Beschichten der Substratoberfläche mit amorphem Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften bei einer geringen Oberflächentemperatur durchgeführt werden soll, ist der Substraträger 6 – wie durch die strichpunktuierten Linien angedeutet ist – über Kühlleitungen 8 in einen Kühlkreislauf einzbezogen. Zum Beschichten des Substrats 7 mit amorphem Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften muß das lagedefiniert im Substraträger aufgenommene Substrat elektrisch isoliert in der Arbeitskammer gehalten und über eine mit ihm kontaktierte, nach außerhalb der Arbeitskammer 1 führende, elektrische Leitung 29 seitens einer Spannungsquelle 16 auf ein negatives Potential in Höhe von -100 bis -1000 Volt, vorzugsweise etwa -800 Volt gelegt sein. Der Substraträger muß daher aus einem elektrisch isolierenden Werkstoff bestehen und einer entsprechend hohen Durchschlagsspannung ohne weiteres standhalten können. Das Substrat selber muß zumindest oberflächlich elektrisch leitend sein. Sosefern also ein Substrat aus einem elektrisch nichtleitenden Werkstoff mit amorphem Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften beschichtet werden soll, muß das Substrat in dem zu beschichtenden Bereich zuvor mit einem metallischen Belag versehen werden.

[0017] Die Aufnahnewanne 2 umschließt die erwähnten Teile etwa bis zur Höhe des Substraträgers. Durch die Wandungen der Aufnahnewanne sind die Leitungen für Kühlungen oder Spannungsversorgung gasdicht hindurchgeführt, so daß die geschlossene Arbeitskammer wirksam auf den geforderten, unterhalb des Umgebungsluftdruckes liegenden Arbeitsdruck evakuiert werden kann und sich – bei die-

sem geringen Arbeitsdruck – mit einem Prozeß- und Precursorgas definierter Zusammensetzung beschicken läßt.

[0018] Der obere Teil der Arbeitskammer ist beim dargestellten Ausführungsbeispiel als Abdeckhaube 3 ausgehildet, die sich gasdicht auf den oberen Begrenzungsflansch der Aufnahmewanne aufsetzen läßt. Auch die Abdeckhaube weist zur Funktionserfüllung verschiedene Merkmale auf. Oberseitig ist an der Abdeckhaube ein Eintrittfenster 9 für einen von einem Laserresonator zugeführten Laserstrahl vorgesehen.

[0019] An sich ist die Wellenlänge des Laserstrahles von untergeordneter Bedeutung, solange nur sichergestellt ist, daß die Strahlung im Bereich der Wärmestrahlung liegt und vom Prozeß- und Precursorgas in einer wärmeerzeugenden Weise absorbiert wird, so daß das gewünschte Plasma überhaupt erzeugt werden kann. Mit Rücksicht auf die größte Verbreitung von CO<sub>2</sub>-Lasern in der industriellen Praxis und deren vergleichswise hohen Leistungen wird jedoch empfohlen, vorliegend einen Kohlendioxidlaser zu verwenden. Es wird mit Laserleistungen im Bereich von 5 bis 10 kW, vorzugsweise 7 bis 8 kW gearbeitet.

[0020] Innerhalb der Arbeitskammer 1 ist unterhalb des Eintrittsfensters 9 ein gekühlter Umlenk- und Fokussierungsspiegel 10 zum Fokussieren des durch das Eintrittsfenster zugeführten Laserstrahles angeordnet. Die Rückseite des Umlenk- und Fokussierungsspiegels ist mit Kühlwasser über die Kühlleitungen 11 beaufschlagbar. Im übrigen ist der Spiegel 10 so justiert, daß die Achse 30 des umgelenkten Laserstrahls 12 an dem zu beschichtenden Substrat 7 etwa parallel und in einem Abstand A vorbeilaufen. Der Querabstand des Fokus' 13 bzw. der Strahlachse 30 von der zu beschichtenden Substratoberfläche 27 beträgt 1 bis 5 cm, vorzugsweise etwa 2 cm. Ferner ist der Spiegel bezüglich seiner Brennweite derart ausgebildet, daß der Fokus 13 des fokussierten Laserstrahls 12 – bei orthogonaler Sicht auf die zu beschichtende Oberfläche 27 des Substrates 7 – etwa mittig oberhalb des zu beschichtenden Bereiches des Substrates liegt.

[0021] Der divergierende Teil des Laserstrahls 12 trifft auf die eine Seitenwand der Abdeckhaube 3. Damit er diese nicht unkontrolliert aufheizt, ist an der Auftreffstelle des Laserstrahles 12 ein Strahlabsorber 15 abgebracht, der ebenfalls an einen Kühlkreislauf angeschlossen ist.

[0022] Durch den fokussierten Laserstrahl läßt sich selbst bei den eingesetzten Laserleistungen und den hohen, im Fokus auftretenden Energiedichten das Prozeß- und Precursor-gas nicht ionisieren, sondern lediglich ein bereits bestehender Ionisierungszustand aufrecht erhalten. Deshalb muß zu Startzwecken das Plasma auf andere Weise erzeugt werden. Aus diesem Grunde ist innerhalb der Arbeitskammer 1 eine Einrichtung angeordnet, mit der vorübergehend ein Plasma in dem Precursorgas zumindest in der Nähe des Laserstrahl-fokus' 13 gezündet werden kann. Bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel besteht die Einrichtung zum anfänglichen Zünden eines Plasmas aus dem Precursorgas aus einem Paar gegenüberliegender, beweglicher, an die unterschiedlichen Pole einer Spannungsquelle 19 angeschlossener, sich nicht verzehrender Elektroden 17, 17 vorzugsweise aus einer Wolfram-Legierung. Durch kleine Druckluftzyylinder 18, 18 können die axialbeweglich und elektrisch isoliert geführten Elektroden 17, 17 aufeinander zu und mit ihren Spitzen in den Fokusbereich des Laserstrahles 12 hinein bewegt werden, wodurch bei Spannungsbeaufschlagung ein Lichtbogen gezündet und eine Plasmawolke 14 initiiert werden kann. Die so erzeugte Plasmawolke wird durch den fokussierten Laserstrahl 12 aufrechterhalten. Nach dem Zünden werden die Elektroden 17, 17 durch Rückzugsfedern, die zugleich auch der Spannungsversor-

gung dienen, wieder ganz aus dem Fokusbereich herausbe-wegt.

[0023] Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß die Einrichtung zum anfänglichen Zünden eines Plasmas aus dem Precursorgas alternativ auch als eine bewegliche Hilfselektrode, vorzugsweise aus einer Wolfrallegierung ausgebildet sein kann. Zum Bilden einer Plasmawolke wird die Hilfselektrode mit ihrer Spitze gesteuert in den Fokus des Laserstrahles hineinbewegt, wodurch aufgrund der hohen 10 Strahlenergie und der Festkörpereigenschaft der Hilfselek-trode ein Plasma unter Verzehr eines gewissen Teiles der Hilfselektrode entsteht. Dieses elektrodengenerierte Plasma dient als Initialisierung für die Fortführung eines prozeßgas-generierten Plasmas. Nach dem Zünden dieses Plasmas wird die Hilfselektrode ganz aus dem Fokusbereich herausbe-wegt. Eine weitere Alternative zur anfänglichen Initierung eines Plasmas durch einen Lichtbogen besteht in einer Ent-ladungszündung mittels eines Paars ortsfester Elektroden nach dem Vorbild einer Gemischzündung in Verbrennungs-motoren durch eine Zündkerze. Die Entladungszündung wird dabei seitens einer Induktivität durch eine Stromunter-bruchung ausgelöst.

[0024] Die einzelnen Komponenten des Prozeß- und Pre-cursorgases sind in Gasflaschen 21, 22 und 23 für Argon (21), Wasserstoff (22) und Methan (23) vorgehalten. Über jeweils ein Dosierventil 31 wird ein für die richtige Zusam-men-setzung des Prozeßgases erforderliche Teilgasmenge freigegeben. Die Teilmengen werden in einer Mischkammer 24 gemischt und über eine Dosierpumpe 25 in gezielter über 20 den Gaszufuhranschluß 20 in die Arbeitskammer einge-schleust.

[0025] Mit einer derartigen Vorrichtung kann die Oberflä-25 che 27 des Substrates 7 mit amorphen Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften beschichtet werden. Nachdem das Substrat auf dem Substraträger positioniert, die Arbeitskammer 1 geschlossen, evakuiert und mit Prozeß- und Precursorgas beschickt ist, der Laserstrahl eingeschaltet, eine anfängliche Plasmawolke gezündet und das Substrat unter Biasspannung gesetzt ist, kann der CVD-Beschich-tungsvorgang mit der Laseranregung des Plasmas begonnen 35 und fortgesetzt werden. Dabei wird mit dem im Abstand A etwa parallel zur Substratoberfläche 27 geführten Laser-strahl 12 eine Plasmawolke 14 aus positiv geladenen Kohlenstoffionen und aus reaktivem, atomarem Wasserstoffes erzeugt. Abgesehen vor der anfänglich gesonderten Zündung des Plasmas wird die Plasmawolke 14 aus einem Ge-misch von einem Edelgas, von Wasserstoff und Kohlenwas-40 serstoff anschließend ausschließlich durch kontinuierliche Energieanregung mittels des fokussierten Laserstrahls 12 er-zeugt. Die Kohlenstoffionen des Plasmas werden durch eine Beschleunigungsspannung auf die Oberfläche 27 des negativ geladenen Substrats 7 niedergeschlagen, wo sie sich zu tetraedrisch gebundenen Kohlenstoffmolekülen mit gegen-seitig stochastischer Lage vereinigen und auf der Substratoberfläche 27 festsetzen.

[0026] Zum Beschichten einer Substratoberfläche mit amorphen Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaf-45 ten enthält das Prozeßgas etwa 10 Vol.-% Edelgas, insbesondere Argon und im übrigen ein aus Wasserstoff und ei-nem Kohlenwasserstoffgas, insbesondere Methan bestehendes Precursorgas, wobei das Precursorgas seinerseits etwa 90 Vol.-% Kohlenwasserstoffgas, vorzugsweise Methan, bezogen auf die Precursorgasmenge, enthält.

[0027] Mit dem in Zusammenhang mit der Anlage nach den Fig. 1 und 2 geschilderten Verfahren können alle denkbaren Werkstoffe, d. h. Substrate aus Metall, Glas, Keramik oder Kunststoffe beschichtet werden. Letzteres ist vor allem deshalb möglich, weil das Beschichten etwa bei Raumtem-

peratur auf der Substratoberfläche stattfindet. Auf jedem Fall wird die Beschichtung bei einer Oberflächentemperatur des Substrates 7 von weniger als 300°C durchgeführt. Trotz einer Strahlungserwärmung des Substrates seitens der Plasmawolke kann eine niedrige Oberflächentemperatur durch eine künstliche Kühlung des Substrates sichergestellt werden, z. B. indem das Substrat zumindest mitelbar, d. h. vom Substraträger 6 her, gekühlt wird.

[0028] Mit dem Verfahren kann auf dem Substrat 7 ein annähernd runder Oberflächenbereich mit einer Fläche von etwa 2 cm<sup>2</sup> gleichzeitig beschichtet werden. Dabei können ebene, gewölbte, gewellte oder gestufte Substrate 7 von runder, quadratischer oder länglich-rechteckiger Umrißform beschichtet und Beschichtungsstärken bis zu 15 µm und mehr aufgetragen werden. Das Substrat 7 wird während einer der gewünschten Beschichtungsstärke entsprechenden Beschichtungsdauer behandelt, wobei pro Minute eine Beschichtungsstärke von etwa 0,5 bis 0,1 µm aufgetragen wird.

[0029] Nachfolgend sei Beispiel für eine Beschichtung mit amorsem Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften referiert. Als Substrat wurde ein Siliziumwafer verwendet, weil dieser Werkstoff sich technisch am einfachsten für eine solche Beschichtung eignet. Es sei aber gleich bemerkt, daß das Beschichtungsverfahren nicht an diesen Werkstoff gebunden ist. Das Substrat wurde in einem Alkoholbad im Ultraschall gereinigt und so in die Arbeitskammer gegeben. Die darin vorliegenden Arbeitsparameter waren folgende:

Arbeitsdruck (absolut): 400 mbar

Argon (Ar): 4,0 l/min

Wasserstoff (H<sub>2</sub>): 0,04 l/min

Methan (CH<sub>4</sub>): 0,36 l/min

Biasspannung: 400 Volt

Fokus-Abstand A: 20 mm

Laserleistung: 8 kW

[0030] Mit diesen Arbeitswerten wurde das Substrat 20 Minuten lang beschichtet, wobei eine Beschichtung mit amorsem Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften in einer Stärke von 150 nm erzielt wurde. Das anhand dieser Beschichtung gewonnenen Raman-Verschiebungsdigramm ist in Fig. 3 gezeigt. Es zeigt den zur amorsem Kohlenstoff typischen Verlauf mit einem stark ausgeprägten relativ breiten Intensitätsmaximum bei 1580 cm<sup>-1</sup> und ein schwaches Intensitätsmaximum bei etwa 1380 cm<sup>-1</sup>.

[0031] In Fig. 4 ist eine zu der Verfahrensanlage nach den Fig. 1 und 2 weitgehend gleiche, hinsichtlich einiger Merkmale jedoch modifizierte Vorrichtung dargestellt, die zum Beschichten der Oberfläche 27 eines Substrat 7' mit polykristallinem Diamant verwendet werden kann. In Fig. 4 sind für gleiche Teile wie in der Vorrichtung nach Fig. 1 und 2 gleiche Bezugszahlen und für abweichende aber funktionsentsprechende Teile das gleiche, mit einem hochgestellten Strich (') versehene Bezugszahl verwendet, so daß weitgehend auf die vorauf gegangene Beschreibung verwiesen werden kann.

[0032] Auch bei der Vorrichtung nach Fig. 4 ist eine das zu behandelnde Substrat 7' aufnehmende Arbeitskammer 1' vorgesehen, die mit einem Precursorgas definierter Zusammensetzung beschickbar ist. Da das Beschichten der Substratoberfläche 27 mit polykristallinem Diamant in der Regel bei Umgebungsluftdruck durchgeführt wird, braucht die Arbeitskammer nicht gasdicht abzuschließen. Sie muß lediglich sicherstellen, daß das Prozeßgas oberhalb des Substrates in der gewünschten Zusammensetzung gehalten werden kann. Hierbei ist es vorteilhaft, den Prozeß mit einem wenigen Millibar über dem Umgebungsluftdruck durchzuführen, weil dann Prozeßgas lediglich an den offenen Kammerstellen entweicht, jedoch keine Umgebungsluft in die

Kammer eindringen kann. Sofern in Ausnahmefällen die hier zu behandelnde Art der Beschichtung bei einem geringen Unterdruck innerhalb der Arbeitskammer durchgeführt werden sollte, so kommen hier Drücke im Bereich von 500 bis 1000 mbar in Frage.

[0033] Das Substrat 7 wird ist lagedefiniert mittels eines Substraträgers 6 in der Arbeitskammer 1' gehalten, wobei es vorliegend jedoch nicht auf eine elektrisch isolierende Halterung, sondern um eine temperaturbeständige Halterung ankommt, weil diese Art der Beschichtung bei erhöhten Oberflächentemperaturen im Bereich von 500 bis 1000°C, vorzugsweise bei etwa 800°C stattfindet.

[0034] Die Arbeitskammer 1' weist oberseitig eine oberhalb des zu beschichtenden Bereiches der Oberfläche 27 des Substrates liegende Eintrittsöffnung 9' für einen von einem Laserresonator zugeführten und durch eine Fokussierungsoptik 28 fokussierten Laserstrahl 12' auf. Dieser wird so fokussiert, daß der Fokus 13 einen Abstand A von der zu beschichtenden Oberfläche 27 des Substrates 7' von weniger als einem Zentimeter aufweist und – bei orthogonaler Sicht auf die zu beschichtende Oberfläche 27' des Substrates 7' – etwa mittig zu dem zu beschichtenden Bereich liegt. Der divergierende, hinter dem Fokus 13 liegende Teil des Laserstrahles 12' trifft auf die zu beschichtende Oberfläche 27' des Substrates 7', wodurch das Substrat 7 im zu beschichtenden Bereich durch den divergierenden Laserstrahl 12' erwärmt wird.

[0035] Auch bei der Vorrichtung nach Fig. 4 ist innerhalb der Arbeitskammer 1' eine Einrichtung angeordnet, mit der vorübergehend ein Plasma in dem Precursorgas zumindest in der Nähe des Laserstrahlfocus' 13 gezündet werden kann. In soweit kann auf die Beschreibung im Zusammenhang mit der Vorrichtung nach den Fig. 1 und 2 verwiesen werden.

[0036] Auch beim Beschichten der Substratoberfläche 27 mit polykristallinem Diamant wird im Abstand A zur Substratoberfläche eine Plasmawolke 14' aus Kohlenstoffionen und aus reaktivem, atomarem Wasserstoff erzeugt. Das dabei verwendete Prozeßgas enthält etwa 90 Vol.-% Edelgas, insbesondere Argon und im übrigen ein aus Wasserstoff und einem Kohlenwasserstoffgas, insbesondere Methan bestehendes Precursorgas, wobei das Precursorgas seinerseits zu etwa 1 bis 5 Vol.-%, vorzugsweise etwa 3 Vol.-% Kohlenwasserstoffgas, bezogen auf die Precursorgasmenge enthält. Die Kohlenstoffionen werden bei diesem Beschichtungsverfahren durch ein Temperaturgefälle zwischen der Plasmawolke 14' mit etwa 6000°C einerseits und Substratoberfläche 27' (etwa 800°C) andererseits auf die Substratoberfläche niedergeschlagen, wo sie sich zu polykristallinem Diamant vereinigen und auf der Substratoberfläche 27' festsetzen.

[0037] Auch für diese Beschichtungsart sei nachfolgend Beispiel referiert. Als Substrat wurde ein Wolframblech verwendet, weil dieser Werkstoff besonders temperaturbeständig ist. Das Substrat wurde zunächst mit einer Diamantpaste poliert und anschließend in einem Alkoholbad im Ultraschall gereinigt. Die so vorbehandelte Probe wurde in die Arbeitskammer gegeben und mit folgenden Arbeitsparametern beschichtet:

Arbeitsdruck: Umgebungsluftdruck

Argon (Ar): 30 l/min

Wasserstoff (H<sub>2</sub>): 2,94 l/min

Methan (CH<sub>4</sub>): 0,06 l/min

Oberflächentemperatur: gemäß Strahlage, Strahlleistung und Fokusabstand

Fokus-Abstand A: 35 mm

Laserleistung: 7 kW

[0038] Mit diesen Arbeitswerten würde das Substrat 20 Minuten lang beschichtet, wobei eine Beschichtung von po-

lykristallinem Diamant in einer Stärke von 20 µm erzielt wurde. Das anhand dieser Beschichtung gewonnenen Raman-Verschiebungsdigramm ist in Fig. 5 gezeigt. Es zeigt den für polykristallinem Diamant typischen Verlauf mit einem stark ausgeprägten sehr schmalen und spitzen Intensitätsmaximum bei 1332 cm<sup>-1</sup> und ein schwaches und sehr flaches Intensitätsmaximum bei etwa 1550 cm<sup>-1</sup>.

## Bezugszeichenliste

- 1, 1' Arbeitskammer
- 2, 2' Aufnahmewanne
- 3, 3' Abdeckhaube
- 4 Kreuzschlitzen
- 5 Verstellantrieb
- 6 Objektträger
- 7, 7' Substrat
- 8 Substratkühlung
- 9 Eintrittsfenster (Fig. 1)
- 9' Eintrittsöffnung (Fig. 3)
- 10 Umlenkspiegel
- 11 Spiegelkühlung
- 12, 12' Laserstrahl
- 13 Fokus
- A Abstand des Fokus' von Substrat
- 14, 14' Plasmawolke
- 15 Strahlabsorber
- 16 Bias-Spannungsquelle
- 17, 17' Zündelektrode
- 18, 18' Verschiebeantrieb
- 19 Zündtransformator
- 20 Gaszufuhr
- 21 Argonflasche
- 22 Wasserstoffflasche
- 23 Kohlenwasserstoffflasche
- 24 Mischkammer
- 25 Dosierpumpe
- 26 Vakuumpumpe
- 26 Vakuumpumpe
- 27, 27' Substratoberfläche
- 28 Fokussierungsoptik
- 29 Leitung für Bias-Spannung
- 30 Strahlachse
- 31 Dosierventile

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Beschichten einer Substratoberfläche (27) mit amorphem Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften, bei dem im Abstand (A) zur Substratoberfläche (27) eine Plasmawolke (14) aus positiv geladenen Kohlenstoffionen und aus reaktivem, atomarem Wasserstoff erzeugt wird und die Kohlenstoffionen durch eine Beschleunigungsspannung (Spannungsquelle 16) auf die Oberfläche (27) des negativ geladenen Substrats (7) niedergeschlagen werden, wo sie sich zu tetraedrisch gebundenen Kohlenstoffmolekülen mit gegenseitig stochastischer Lage vereinigen und auf der Substratoberfläche (27) festsetzen, wobei die Plasmawolke (14) aus einem Gemisch von einem Edelgas, von Wasserstoff und Kohlenwasserstoff nach anfänglicher gesonderter Zündung des Plasmas ausschließlich durch kontinuierliche Energieanregung mittels eines fokussierten Laserstrahls (12') erzeugt wird.
2. Verfahren zum Beschichten einer Substratoberfläche

- che (27') mit polykristallinem Diamant, bei dem im Abstand (A) zur Substratoberfläche (27') eine Plasmawolke (14') aus positiv geladenen Kohlenstoffionen und aus reaktivem, atomarem Wasserstoff erzeugt wird und die Kohlenstoffionen durch ein Temperaturgefälle zwischen Plasmawolke (14') und Substratoberfläche (27') auf diese (27') niedergeschlagen werden, wo sie sich zu polykristallinem Diamant vereinigen und auf der Substratoberfläche (27') festsetzen, wobei die Plasmawolke (14') aus einem Gemisch von einem Edelgas, von Wasserstoff und Kohlenwasserstoff nach anfänglicher gesonderter Zündung des Plasmas ausschließlich durch kontinuierliche Energieanregung mittels eines fokussierten Laserstrahls (12') erzeugt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Edelgas Argon verwendet wird.
  4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Prozeß der Plasmaerzeugung durch einen Lichtbogen gestartet und danach mit der Energieanregung durch Laserenergie fortgesetzt wird.
  5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß nach einem Start der Plasmaerzeugung die Zündelektroden (17, 17') seitlich aus der Plasmawolke (14, 14') herausgezogen werden.
  6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Zündelektroden (17, 17') solche aus einer Wolfram-Legierung verwendet werden.
  7. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Prozeß der Plasmaerzeugung durch Beaufschlagung eines vorübergehend in den Fokus des Laserstrahles gehaltenen, vorzugsweise stiftförmigen Hilfskörpers gestartet und danach mit der Energieanregung durch Laserenergie fortgesetzt wird.
  8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Hilfskörper eine Metallelektrode vorzugsweise aus einer Wolframlegierung verwendet wird.
  9. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Plasma durch die Laserenergie eines Kohlendioxid-Lasers erzeugt wird.
  10. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Querabstand des Fokus' (13) bzw. der Strahlachse von der zu beschichtenden Oberfläche (27, 27') des Substrats (7) 1 bis 5 cm, vorzugsweise etwa 2 cm beträgt.
  11. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Kohlenwasserstoff im Precursor-gas Methan verwendet wird.
  12. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß Substrate (7) aus Metall, Glas, Keramik oder Kunststoffe beschichtet werden.
  13. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Substrat (7) ein annähernd runder Oberflächenbereich mit einer Fläche von etwa 2 cm<sup>2</sup> gleichzeitig beschichtet wird.
  14. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ebene, gewölbte, gewellte oder gestufte Substrate (7) von runder, quadratischer oder länglich-rechteckiger Umrißform beschichtet werden.
  15. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß Beschichtungssstärken bis zu 15 µm und mehr aufgetragen werden.
  16. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (7) während einer der gewünschten Beschichtungsstärken entsprechenden Beschichtungsdauer behandelt wird, wobei pro Minute eine Beschichtungsstärke von etwa 0.5 bis 0.1 µm aufgetragen wird.

17. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Prozeßgas etwa 90 Vol.-% Edelgas, insbesondere Argon und im übrigen ein aus Wasserstoff und einem Kohlenwasserstoffgas, insbesondere Methan bestehendes Precursorgas enthält. 5
18. Verfahren zum diamantähnlichen Beschichten mit amorphem Kohlenstoff nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Precursorgas seinerseits etwa 90 Vol.-% Kohlenwasserstoffgas und etwa 10 Vol.-% Wasserstoff, jeweils bezogen auf die Precursorgasmenge, enthält. 10
19. Verfahren zum diamantähnlichen Beschichten mit amorphem Kohlenstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung bei einem Kammerdruck von 1 bis 1000 mbar, vorzugsweise von etwa 100 bis 200 mbar durchgeführt wird. 15
20. Verfahren zum diamantähnlichen Beschichten mit amorphem Kohlenstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung bei einer Oberflächentemperatur des Substrates (7) von weniger als 300°C, vorzugsweise bei Raumtemperatur durchgeführt wird. 20
21. Verfahren zum diamantähnlichen Beschichten mit amorphem Kohlenstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (7) zumindest teilweise, d. h. vom Substraträger (6) her gekühlt wird. 25
22. Verfahren zum diamantähnlichen Beschichten mit amorphem Kohlenstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kohlenstoffionen auf die Oberfläche (27) des negativ geladenen Substrats (7) durch eine Beschleunigungsspannung in Höhe von -100 bis -1000 Volt, vorzugsweise etwa -800 Volt niedergeschlagen werden. 30
23. Verfahren zum Beschichten mit polykristallinem Diamant nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung bei einem Kammerdruck von 500 bis 1000 mbar, vorzugsweise etwa dem Umgebungsluftdruck oder wenige Millibar darüber durchgeführt wird. 35
24. Verfahren zum Beschichten mit polykristallinem Diamant nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung bei einer Oberflächentemperatur des Substrates (7) von 500 bis 1000°C, vorzugsweise bei etwa 800°C durchgeführt wird. 40
25. Verfahren zum Beschichten mit polykristallinem Diamant nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (7) im zu beschichtenden Bereich durch den divergierenden Laserstrahl (12') erwärmt wird. 45
26. Verfahren zum Beschichten mit polykristallinem Diamant nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Precursorgas seinerseits etwa 1 bis 5 Vol.-%, vorzugsweise etwa 3 Vol.-% Kohlenwasserstoffgas, bezogen auf die Precursorgasmenge und im übrigen Wasserstoff enthält. 50
27. Vorrichtung zum Beschichten einer Substratoberfläche (27) mit amorphem Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften, welche Vorrichtung mit folgenden Merkmalen ausgestattet ist: eine das zu behandelnde Substrat (7) aufnehmende, gasdicht verschließbare und auf einen bestimmten Unterdruck evakuierbare Arbeitskammer (1), die mit einem Precursorgas definierter Zusammensetzung beschickbar ist, die Arbeitskammer (1) weist oberseitig ein Eintrittsfenster (9) für einen von einem Laserresonator zugeführten Laserstrahl auf. 60
- die Arbeitskammer (1) weist oberseitig ein Eintrittsfenster (9) für einen von einem Laserresonator zugeführten Laserstrahl auf. 65
- das Substrat (7) mit der zu beschichtenden Oberfläche

- (27) ist lagedefiniert mittels eines Substraträgers (6) elektrisch isoliert in der Arbeitskammer (1) halterbar und über eine mit dem Substrat (7) kontaktierte, nach außerhalb der Arbeitskammer (1) führende, elektrische Leitung (29) seitens einer Spannungsquelle (16) auf ein negatives Potential gelegt, innerhalb der Arbeitskammer (1) ist unterhalb des Eintrittsfensters (9) ein gekühlter (11) Umlenk- und Fokussierungsspiegel (10) zum Fokussieren (Fokus 13) des durch das Eintrittsfenster (9) zugeführten Laserstrahles angeordnet, wobei die Achse (30) des umgelenkten, an dem zu beschichtenden Substrat (7) vorbeilaufenden, fokussierten Laserstrahls (12) im Bereich des Fokus (13) einen Abstand (A) von der zu beschichtenden Oberfläche (27) des Substrates (7) von wenigstens etwa einem Zentimeter aufweist und wobei der Fokus (13) – bei orthogonaler Sicht auf die zu beschichtende Oberfläche (27) des Substrates (7) – etwa mittig zu dem zu beschichtenden Bereich liegt, innerhalb der Arbeitskammer (1) ist eine Einrichtung angeordnet, mit der vorübergehend ein Plasma in dem Precursorgas zumindest in der Nähe des Laserstrahlfokus' (13) gezündet werden kann. 20
28. Vorrichtung zum Beschichten einer Substratoberfläche (27) mit polykristallinem Diamant, welche Vorrichtung mit folgenden Merkmalen ausgestattet ist: eine das zu behandelnde Substrat (7') aufnehmende Arbeitskammer (1'), die mit einem Precursorgas definierter Zusammensetzung beschickbar ist, das Substrat (7) mit der zu beschichtenden Oberfläche (27) ist lagedefiniert mittels eines Substraträgers (6) in der Arbeitskammer (1) halterbar, die Arbeitskammer (1') weist oberseitig eine oberhalb des zu beschichtenden Bereiches der Oberfläche (27) des Substrates liegende Eintrittsöffnung (9) für einen von einem Laserresonator zugeführten und durch eine Fokussierungsoptik (28) fokussierten Laserstrahl (12') auf, der Fokus (13) des fokussierten Laserstrahls (12') weist einen Abstand (A) von der zu beschichtenden Oberfläche (27) des Substrates (7') von wenigstens etwa einem Zentimeter auf und liegt – bei orthogonaler Sicht auf die zu beschichtende Oberfläche (27') des Substrates (7') – etwa mittig innerhalb des zu beschichtenden Bereichs, wobei der divergierende, hinter den Fokus (13) liegende Teil des Laserstrahles (12') auf die zu beschichtende Oberfläche (27') des Substrates (7') trifft, innerhalb der Arbeitskammer (1) ist eine Einrichtung angeordnet, mit der vorübergehend ein Plasma in dem Precursorgas zumindest in der Nähe des Laserstrahlfokus' (13) gezündet werden kann. 40
29. Vorrichtung nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserresonator als ein CO<sub>2</sub>-Laser ausgebildet ist. 50
30. Vorrichtung nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zum anfänglichen Zünden eines Plasmas aus dem Precursorgas als ein Paar beweglicher, an die unterschiedlichen Pole einer Spannungsquelle (19) angeschlossener Elektroden (17, 17') vorzugsweise aus einer Wolfram-Legierung ausgebildet ist, welche Elektroden (17, 17') zum Zünden eines Lichibogens mit ihren Spitzen gesteuert in den Fokusbereich (13) des Laserstrahles (12, 12') hinein und/oder auseinander zu bewegbar und nach dem Zünden ganz aus dem Fokusbereich wieder herausbewegbar sind (Antrieb 18, 18'). 60
31. Vorrichtung nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zum anfänglichen

Zünden eines Plasmas aus dem Precursorgas als eine bewegliche Hilfselektrode, vorzugsweise aus einer Wolframlegierung ausgebildet ist, welche Elektrode zum Bilden einer Plasmawolke mittels des Laserstrahls mit ihrer Spitze gesteuert in den Fokus des Laserstrahles hinein und nach dem Zünden eines Plasmas ganz aus dem Fokusbereich wieder herausbewegbar ist.

5

32. Vorrichtung zum Beschichten einer Substratoberfläche mit amorphem Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften, nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungsquelle (16) für die Beschleunigungsspannung eine Spannung in Höhe von -100 bis -1000 Volt, vorzugsweise etwa -800 Volt besitzt.

10

33. Vorrichtung zum Beschichten einer Substratoberfläche mit amorphem Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl (12) mit seiner Achse (30) zumindest annähernd parallel zur Substratoberfläche (27) ausgerichtet ist.

15

34. Vorrichtung zum Beschichten einer Substratoberfläche mit amorphem Kohlenstoff von diamantähnlichen Eigenschaften nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Vakuumpumpe (26) zum Evakuieren der Arbeitskammer (1) für Unterdrücke bis mindestens 100 mbar ausgelegt ist.

20

25

---

**Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen**

---

30

35

40

45

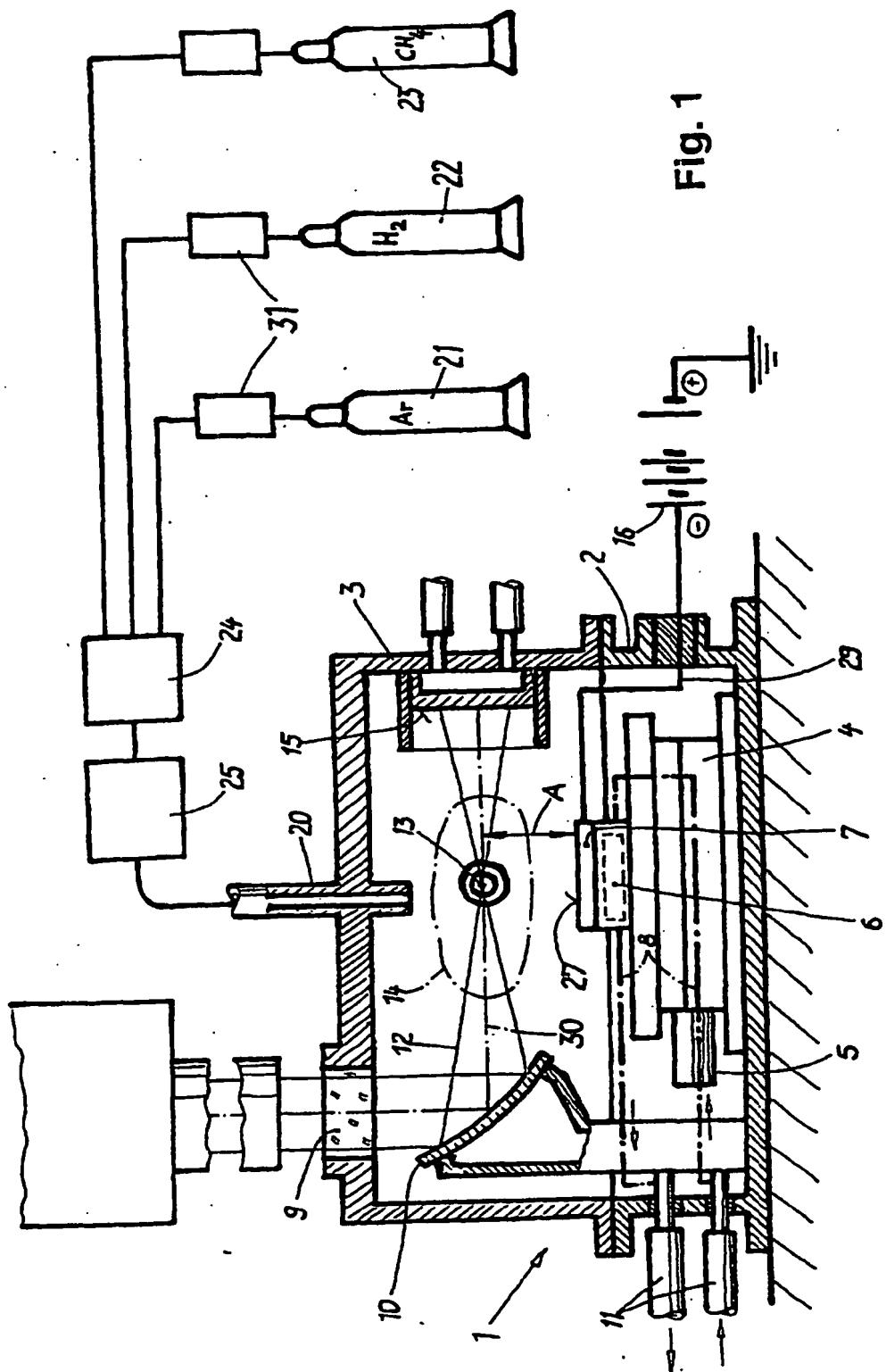
50

55

60

65

**- Leerseite -**



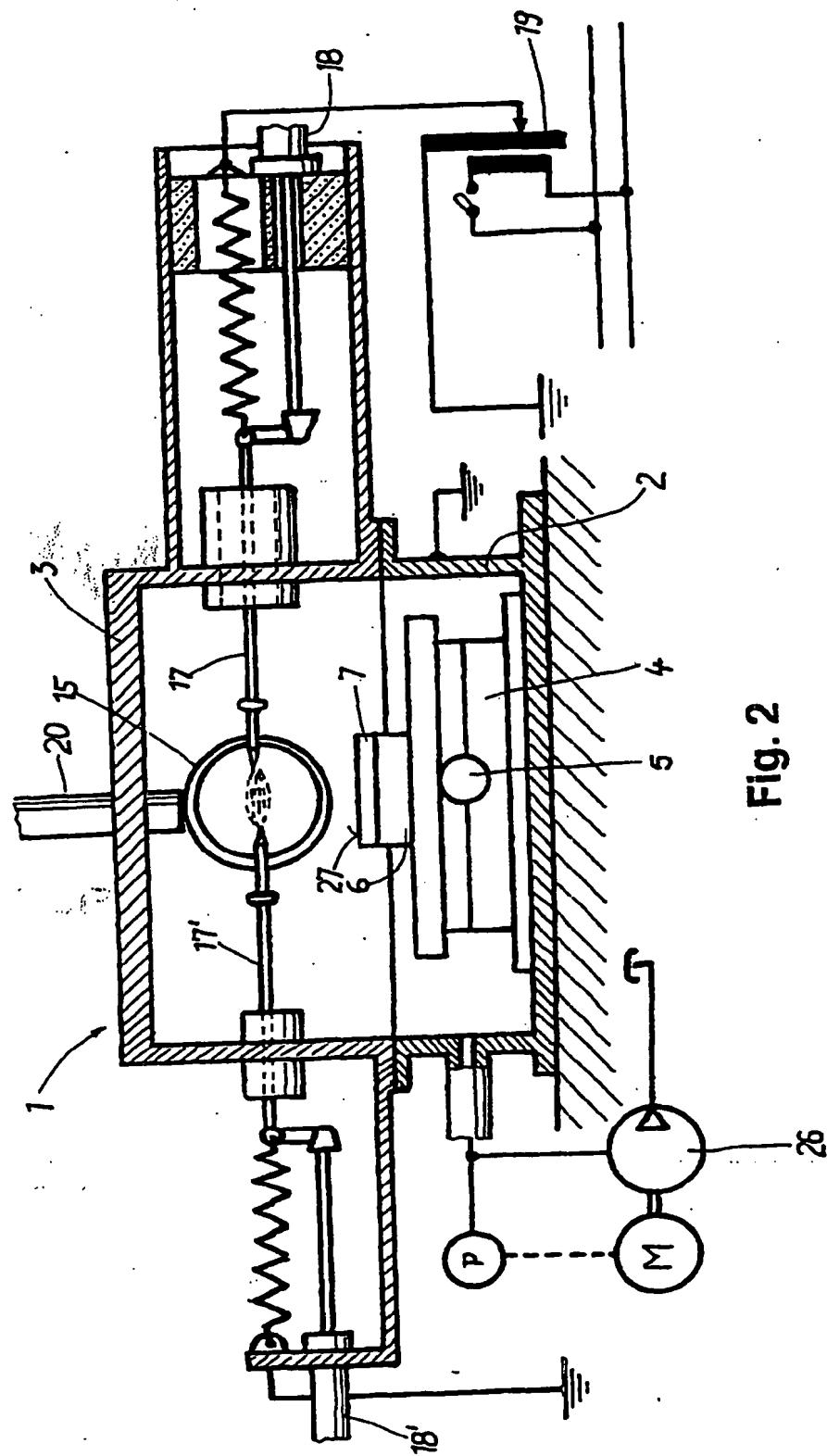
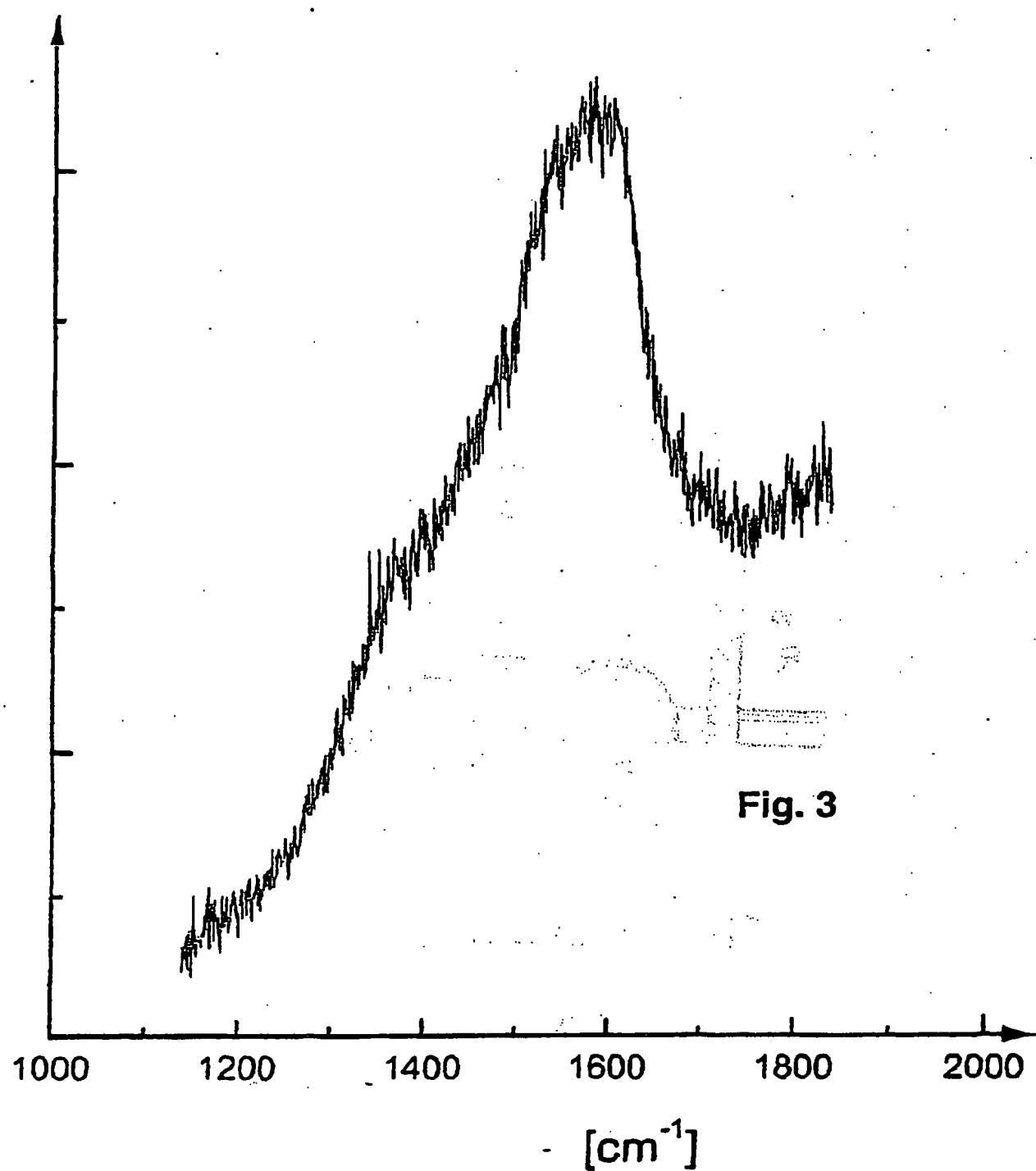


Fig. 2



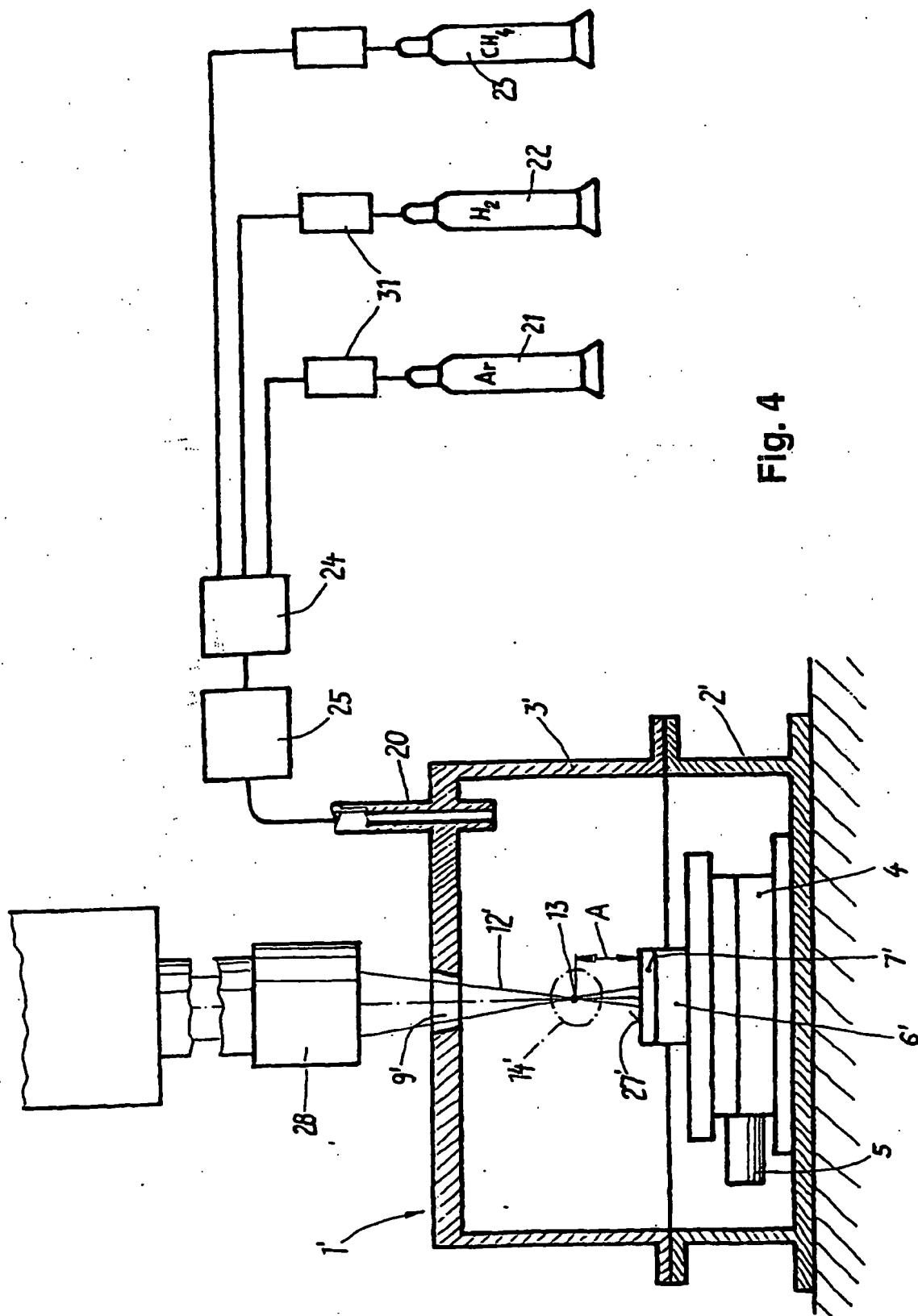


Fig. 4

Fig. 5

